

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 5 月 1 日

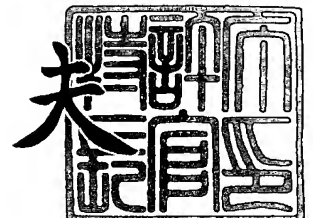
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 2 6 3 4 5  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 1 2 6 3 4 5 ]

出 願 人  
Applicant(s): 日 産 自 動 車 株 式 有 限 公 司

2 0 0 4 年 3 月 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 6 6 4 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 NM02-02705

【提出日】 平成15年 5月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02D 41/04

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

【氏名】 白石 泰介

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

【氏名】 土田 博文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

【氏名】 田山 彰

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

【氏名】 椎野 俊一

【特許出願人】

【識別番号】 000003997

【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075513

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 政喜

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100084537

【弁理士】

【氏名又は名称】 松田 嘉夫

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019839

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706786

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ピストンと、燃焼室に直接に燃料を噴射する燃料噴射弁と、点火プラグとを備える筒内直接噴射式火花点火エンジンにおいて、

前記ピストンの冠面に、略円筒状の周壁面とこの周壁面に滑らかに接続される底壁面とを有するキャビティを形成し、

前記点火プラグを前記底壁面の中央真上近傍に配置し、

前記燃料噴射弁より燃焼室の上部より略中空円錐状に燃料を噴射させると共に、前記燃料噴射弁からの燃料噴射を吸気上死点近傍と圧縮行程との 2 回に分けた分割噴射を行わせる噴射実行手段を

備えることを特徴とする筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項 2】

前記略中空円錐状に噴射された燃料の噴霧が前記底壁面のほぼ中央位置を指向するように前記吸気上死点近傍での燃料噴射を、また、前記略中空円錐状に噴射された燃料の噴霧が前記底壁面の径方向外側周辺を指向するように前記圧縮行程での燃料噴射を行わせることを特徴とする請求項 1 に記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項 3】

前記キャビティが、

略円筒状の下方周壁面と、

この下方周壁面に滑らかに接続される下方底壁面と、

前記下方周壁面よりも上方にあって前記下方周壁面よりも大きな径の略円筒状の上方周壁面と、

この上方周壁面に滑らかに接続されるリング状の上方底壁面と

を有し、

前記略中空円錐状に噴射された燃料の噴霧が前記下方底壁面を指向するように

前記吸気上死点近傍での燃料噴射を、また前記略中空円錐状に噴射された燃料の噴霧が前記上方底壁面を指向するように前記圧縮行程での燃料噴射を行わせる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

#### 【請求項 4】

エンジン温度を検出するエンジン温度検出手段を備え、このエンジン温度が所定値より低い場合に前記分割噴射を行わせることを特徴とする請求項 1 から 3 までのいずれか一つに記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

#### 【請求項 5】

前記エンジン温度が高くなるほど前記吸気上死点近傍での燃料噴射時期を遅角させることを特徴とする請求項 4 に記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

#### 【請求項 6】

前記エンジン温度が高くなるほど前記吸気上死点近傍での燃料噴射量を減少させることを特徴とする請求項 4 に記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

#### 【請求項 7】

前記エンジン温度検出手段は前記ピストン冠面の温度または前記燃焼室内の温度を推定する手段であることを特徴とする請求項 4 に記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

#### 【請求項 8】

エンジン温度を検出するエンジン温度検出手段を備え、このエンジン温度が所定値より低い場合に前記分割噴射を行わせると共に、前記エンジン温度が高くなるほど前記吸気上死点近傍での燃料噴射時期を遅角させる場合に、この遅角を、前記略中空円錐状に噴射される燃料の噴霧が前記下方底壁面を指向する範囲内で行わせることを特徴とする請求項 3 に記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

#### 【請求項 9】

燃料圧力を検出する燃料圧力検出手段を備え、この燃料圧力が所定値より低い場合に前記分割噴射を行わせることを特徴とする請求項 1 から 3 までのいずれか一つに記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項 10】

前記燃料圧力が高くなるほど前記吸気上死点近傍での燃料噴射量を減少させることを特徴とする請求項 9 に記載の筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項 11】

略円筒状の周壁面とおの周壁面に滑らかに接続される底壁面とを有するキャビティを冠面に形成したピストンと、燃焼室の上部より前記キャビティへ向けて略円錐状に燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記底壁面の中央真上近傍に配設される点火プラグと、前記燃料噴射弁からの噴射を制御する噴射実行手段とを備える筒内直接噴射式火花点火エンジンにおいて、

前記噴射実行手段は、前記ピストンが吸気上死点近傍にあるとき 1 回目の噴射を行うと共に圧縮行程中であって前記ピストンが前記 1 回目の噴射実行時より低い位置にあるとき 2 回目の噴射を行う分割噴射を行わせる

ことを特徴とする筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は筒内直接噴射式火花点火エンジンの燃料噴射制御装置の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】

ピストンと、燃焼室に直接に燃料を噴射する燃料噴射弁と、点火プラグとを備える筒内直接噴射式火花点火エンジンにおいて、ピストンの冠面に、略円筒状の周壁面と、この周壁面に滑らかに接続される底壁面と、この底壁面に滑らかに接続される略円錐状の隆起部とを有するキャビティを形成し、点火プラグを前記隆起部の真上近傍に配置し、燃料噴射弁より燃焼室の上部より略中空円錐状に燃料

を噴射させると共に、燃料噴射弁からの燃料噴射を圧縮行程で行わせるようにしたものが提案されている（特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】

特開 2001-271688号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、筒内直接噴射式火花点火エンジンにおいては、混合気塊を着実に着火・燃焼させるために、エンジンの運転条件（回転速度・負荷）に応じて、適切な大きさと適切な空燃比の混合気塊をキャビティの上空に形成することが重要である。その際、排気低減の観点からも混合気塊内の空燃比分布は均質であることが望ましい。例えば混合気塊内の空燃比分布に偏りを生じてリッチな部分が存在すると未燃HC、COが増加したり、局所的に燃焼温度が上昇してNO<sub>x</sub>生成の原因となり、この逆にリーンな部分が存在するときには消炎が生じて未燃HC、COの増加を招く。

【0005】

このため、上記従来装置では、圧縮行程末期に燃料噴射弁より略中空円錐状に噴射して、その燃料噴霧をキャビティ周壁面に衝突させることで、キャビティ周壁部に付着した燃料が気化する過程でキャビティ隆起部へとまとまりつつキャビティ上空に混合気塊が形成されるようにしている。

【0006】

しかしながら、圧縮行程噴射時より点火までの時間は元々短いので、エンジン温度が所定値より低い場合には点火までに付着燃料の気化が十分に促進されないし、燃料圧力が所定値より低い場合には噴射方向速度が小さくなってこれまた点火までに付着燃料の気化が十分に促進されないで、キャビティ上空にドーナツ状の混合気塊が形成されるしかない状態となることが考えられる。このドーナツ状の混合気塊ではドーナツ孔に相当する部分に燃料がほとんど存在しないか少ししか存在しないので、このドーナツ孔の部分が、キャビティ隆起部の真上近傍に位置する点火プラグに運悪く到達したとき、混合気塊への着火に失敗したり失火

することになり、成層燃焼を安定して行わせることが困難になる。

#### 【0007】

そこで本発明は、エンジン温度が所定値より低い場合や燃料圧力が所定値より低い場合においても、安定した成層燃焼を実現することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、ピストンと、燃焼室に直接に燃料を噴射する燃料噴射弁と、点火プラグとを備える筒内直接噴射式火花点火エンジンにおいて、前記ピストンの冠面に、略円筒状の周壁面とこの周壁面に滑らかに接続される底壁面とを有するキャビティを形成し、前記点火プラグを前記底壁面の中央真上近傍に配置し、前記燃料噴射弁より燃焼室の上部より略中空円錐状に燃料を噴射させると共に、前記燃料噴射弁からの燃料噴射を吸気上死点近傍と圧縮行程との2回に分けた分割噴射を行わせるようにした。

#### 【0009】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、吸気上死点近傍での1回目の燃料噴射により、略中空円錐状に噴射された燃料の噴霧がキャビティ内中心付近に付着し、この付着した燃料は点火までに燃料が気化する時間が十分に存在するためにその気化が促進され、キャビティの中心部上空付近に第1の混合気塊を形成する。そのあと圧縮行程での2回目の燃料噴射により形成される第2の混合気塊はドーナツ状となり、そのドーナツ孔の部分には燃料が存在しないかまたは少ないのであるが、このドーナツ孔の部分を、吸気上死点近傍での1回目の燃料噴射により形成されている前記第1の混合気塊が埋める働きをするため、全体としてキャビティの上空に1つの均質な混合気塊を形成することが可能となり、安定した成層燃焼を行わせることができる。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

#### 【0011】



図1は第1実施形態のエンジンの概略構成図である。図1においてシリンダヘッド2には図で左右にほぼ均等な傾斜の屋根を有するペントルフ状の燃焼室3が形成されると共に、この左右の屋根の部分に吸気を導入する吸気ポート4が、また燃焼後のガスを排出するための排気ポート5がそれぞれ開口している。シリンダブロック6にはシリンダ7が図で上下方向に穿設され、このシリンダ7をピストン8が上下方向に摺動する。吸気弁15、排気弁16はこのピストン8の動きに合わせて各ポート4、5を開閉する。すなわち、弁15、16をスプリングに抗して押し下げる各カム（図示しない）がエンジンにより駆動されるカム軸にそれぞれ固定されている。

#### 【0012】

本実施形態では燃料圧力が所定値より低い場合においても、安定した成層燃焼を実現するため、燃料噴射弁11及び点火プラグ12の配置とピストン冠面に形成されるキャビティ9の形状とが工夫されている。すなわち、燃焼室3天井の略中央位置に噴射中心方向を鉛直下方とする燃料噴射弁11が、またそのすぐ右側に点火プラグ12が設けられている。この燃料噴射弁11は、燃料を略中空円錐状に噴射するものであり、噴霧の貫徹力の垂直成分が水平成分より大きくされている。

#### 【0013】

ピストン冠面の略中央部には、切頭円錐状のキャビティ9が形成されている。このキャビティ9は、切頭円錐側面を形状とする周壁面9aと、この周壁面9aと滑らかに接続されている底壁面9bとを有している。

#### 【0014】

そして、燃料噴射弁11からは燃焼室3の上部より略中空円錐状に燃料を噴射するのであるが、エンジンコントローラ25では燃料圧力 $P_f$ が所定値 $L P_f$ を下回る場合に、こうした燃料噴射弁11からの燃料噴射を吸気上死点近傍と圧縮行程との2回に分けた分割噴射を行うことにより、成層燃焼を実現する。なお、燃料圧力 $P_f$ が所定値 $L P_f$ 以上となるときには従来装置と同様に圧縮行程噴射を行うことで、成層燃焼を実現する。

#### 【0015】

燃料圧力  $P_f$  が所定値  $L P_f$  を下回る場合における成層燃焼の実現方法を図 6 を参照して説明すると、同図は上より下に向けて時間的に経過し、最上段の (a) は吸気上死点近傍での燃料噴射時 (1 回目の燃料噴射時) の、第 2 段目の (b) は圧縮行程での燃料噴射時 (2 回目の燃料噴射時) の様子を、また第 3 段目と第 4 段目の (c) と (d) は圧縮行程におけるその後の様子をモデルで示している。

#### 【0016】

燃料圧力  $P_f$  が所定値  $L P_f$  より低い場合には、吸気上死点近傍 (吸気行程初期) で所定量の燃料を噴射する (図 6 (a) 参照)。燃料圧力が低いため、吸気上死点近傍でのピストン位置では、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧はほぼ液体の状態でキャビティ中心付近の底壁面 9 b に付着する。付着した燃料は吸気行程から点火までの間に気化しつつキャビティ 9 の中心部上空付近に第 1 の混合気塊を形成する (図 6 (b) 参照)。

#### 【0017】

1 回目の燃料噴射後の圧縮行程において残りの燃料を噴射する (図 6 (b) 参照)。2 回目の燃料噴射時期は噴射された略中空円錐状の燃料噴霧がキャビティ底壁面 9 b の径方向外側周辺に到達する範囲内で設定される。2 回目に噴射された燃料は、噴射からキャビティ底壁面 9 b に到達するまでの時間が吸気上死点近傍での 1 回目の燃料噴射より長くあるため、底壁面 9 b の径方向外側周辺に付着した燃料は気化しつつキャビティ中心軸からキャビティ周壁面方向へと成長してドーナツ状の第 2 の混合気塊を形成する (図 6 (c) 参照)。

#### 【0018】

この場合に、ドーナツ状の混合気塊のうちドーナツ孔に相当する部分に燃料はないか少ない状態となるのは、燃料圧力  $P_f$  が所定値  $L P_f$  より低いために混合気の拡散が不十分となり、ドーナツ孔の部分にまで混合気が拡散しないからである。

#### 【0019】

しかしながら、2 回目の圧縮行程噴射より形成されたドーナツ状の第 2 の混合気塊のうちドーナツ孔の部分は、1 回目の燃料噴射によりキャビティ中心部にす

で形成されている第1の混合気塊が埋める働きをするため、点火の際にはキャビティ9の上空に全体として1つの均質な混合気塊が形成される（図6（d）参照）。

#### 【0020】

つまり、燃料圧力 $P_f$ が所定値 $L P_f$ より低い場合において、従来装置のように圧縮行程で1回のみ燃料噴射を行った場合には、本実施形態においてもドーナツ状の混合気塊が形成されるしかなく、このドーナツ孔の部分が点火プラグ12の近傍に到達したとき、ドーナツ状の混合気塊に着火できなかつたり失火したりして燃焼安定性が低下し、安定した成層燃焼の実現が困難となるのであるが、本実施形態によれば、圧縮行程噴射に先立って吸気上死点近傍での1回目の燃料噴射を行うことでキャビティ中心軸付近に第1の混合気塊を予め形成しておき、この第1の混合気塊により圧縮行程噴射時に形成されるドーナツ状の第2の混合気塊のドーナツ孔の部分を埋めさせ、全体として1つの均質な混合気塊を形成するのであり、これにより安定した成層燃焼を達成することができる。

#### 【0021】

図1に戻り、燃料噴射弁11により燃焼室3内に直接燃料を噴射するには所定の燃圧が必要である。このため、図示しない吸気弁用カム軸により高圧燃料ポンプ（図示しない）が駆動されるようになっており、高圧燃料ポンプにより昇圧された燃料は高圧燃料配管を通して燃料噴射弁11に導かれる。高圧燃料配管には燃料圧力センサ31が設けられ、この燃料圧力センサ31からの信号はエンジンコントローラ25に送られる。運転状態に応じて必要な燃料圧力が変化するために、エンジンコントローラ25では実際の燃料圧力が必要な燃料圧力と一致するように高圧燃料ポンプの作動制御を行なう。

#### 【0022】

エンジンコントローラ25には、エアフローメータ32、クランク角センサ33、水温センサ34からの信号も入力され、燃料圧力の高低に関係なく成層燃焼が実現されるように燃料噴射弁11を介して燃料噴射を、また点火プラグ12を介して点火時期を制御する。

#### 【0023】

なお、アクセルセンサ 35 からの信号も入力され、エンジンコントローラ 25 では、アクセル開度とエンジン回転速度に応じた最適なトルクが得られるように電子制御のスロットル弁開度を制御する。

#### 【0024】

エンジンコントローラ 25 により実行される、燃料圧力に基づく燃料噴射制御について、図 2 に示すフローチャートを用いて詳述する。

#### 【0025】

ステップ 1（以下「S1」のように記載する。）でエアフローメータ 32 により検出される吸入空気量  $Q_M$ 、クランク角センサ 33 により検出されるエンジン回転速度  $N_E$ 、燃料圧力センサ 31 により検出される燃料圧力  $P_f$ 、水温センサ 34 により検出される冷却水温  $T_w$ 、アクセルセンサ 35 により検出されるアクセル開度  $APO$  を読み込み、S2 ではアクセル開度  $APO$  から目標トルク  $TTC$  を求める。目標トルク  $TTC$  は、例えばアクセル開度  $APO$  をパラメータとして割り付けたテーブルデータを予めエンジンコントローラ 25 内のメモリに格納しておき、アクセル開度  $APO$  からこのテーブルデータを参照することで求めることができる。

#### 【0026】

S3 ではエンジン回転速度  $N_E$  及び目標トルク  $TTC$  から目標当量比  $TFBYA$  を求める。目標当量比  $TFBYA$  は、例えば回転速度  $N_E$  及び目標トルク  $TTC$  をパラメータとして割り付けたマップデータをエンジンコントローラ 25 内のメモリに格納しておき、これらの値に応じてそのマップデータを参照することで求めることができる。

#### 【0027】

S4 では基本燃料噴射量  $Q_{f0}$  を算出する。基本燃料噴射量  $Q_{f0}$  は理論空燃比（目標当量比  $TFBYA = 1$ ）での成層燃焼を行うための燃料噴射量であり、吸入空気量  $Q_M$  とエンジン回転速度  $N_E$  から次式により算出する。

#### 【0028】

$$Q_{f0} = K \times Q_M / N_E \cdots (1)$$

ただし、 $K$ ：定数、

S5では燃料圧力 $P_f$ と所定値 $LP_f$ を比較する。ここで、所定値 $LP_f$ は、噴射した燃料噴霧の噴射方向速度が高く、圧縮行程のみの1回噴射でキャビティ9の中心軸上空に希薄な混合気は存在せず均質な混合気塊を形成することが可能な燃料圧力のうちの下限值である。この $LP_f$ の値は予め実験により確認する。

#### 【0029】

燃料圧力 $P_f$ が所定値 $LP_f$ 以上であるときにはS6～S8の圧縮行程における1回噴射を行う操作へ進む。すなわちS6では次式により圧縮高低噴射時の燃料噴射量 $Q_{fa}$ を設定する。

#### 【0030】

$$Q_{fa} = Q_{f0} \times TFBYA \times (1 + K_{tp}) \cdots (2)$$

ただし、 $K_{tp}$ ：補正係数、

(2)式は目標当量比 $TFBYA$ と補正係数 $K_{tp}$ とで基本燃料噴射量 $Q_{f0}$ を補正する式である。

#### 【0031】

ここで、上記の補正係数 $K_{tp}$ は噴射燃料の気化度合に応じた補正係数である。噴射燃料の気化度合は冷却水温 $T_w$ と燃料圧力 $P_f$ に依存するので、これらをパラメータとして割り付けたテーブルデータをエンジンコントローラ25内のメモリに格納しておき、これら冷却水温 $T_w$ と燃料圧力 $P_f$ からそのマップデータを参照することで求めることができる。例えばマップデータでは、図3に示したように冷却水温 $T_w$ が低温になるほど、また燃料圧力 $P_f$ が低くなるほど圧縮噴射時の燃料噴射量 $Q_{fa}$ が大きくなるように設定しておく。

#### 【0032】

S7ではエンジン回転速度 $NE$ と目標トルク $TT_C$ に応じて圧縮行程噴射時の燃料噴射時期 $IT_a$ を設定する。この燃料噴射時期 $IT_a$ は例えばエンジン回転速度 $NE$ 及び目標トルク $TT_C$ をパラメータとして割り付けたマップデータをエンジンコントローラ25内のメモリに格納しておき、これらの値からそのマップデータを参照することで求めることができる。

#### 【0033】

S8ではこのようにして求めた燃料噴射量 $Q_{fa}$ と燃料噴射時期 $IT_a$ とを用

いて圧縮行程 1 回噴射を実行して成層燃焼を実現する。

#### 【0034】

一方、S5で燃料圧力  $P_f$  が所定値  $L P_f$  より小さい場合にはS9～S15の吸気上死点近傍（吸気行程初期）と圧縮行程との2回の分割噴射を行う操作に進む。すなわち、S9では吸気上死点近傍での1回目の燃料噴射分の目標当量比  $T F B Y A 1$  を、S10では圧縮行程での2回目の燃料噴射分の目標当量比  $T F B Y A 2$  をそれぞれ設定する。

#### 【0035】

ここで、これら2つの目標当量比  $T F B Y A 1$ 、 $T F B Y A 2$  と、S3で求めたトータルの目標当量比  $T F B Y A$  との間には、

$$T F B Y A = T F B Y A 1 + T F B Y A 2 \cdots (3)$$

なる関係がある。また、1回目の燃料噴射分の目標当量比  $T F B Y A 1$  は燃料圧力  $P_f$  が大きくなるほど小さくなる値であるため、2回目の燃料噴射分の目標当量比  $T F B Y A 2$  はS3で求めたトータルの目標当量比  $T F B Y A$  からこの1回目の燃料噴射分の目標当量比  $T F B Y A 1$  を差し引いた値となる（図4参照）。適用の際には、予め実験等により  $T F B Y A 1$ 、 $T F B Y A 2$  の燃料圧力  $P_f$  と目標当量比  $T F B Y A$  に対する特性を求めてマップデータとしてエンジンコントローラ25内のメモリに格納しておき、燃料圧力  $P_f$  と目標当量比  $T F B Y A$  からその各マップデータを参照することで求めることができる。

#### 【0036】

S11、S12では次式により1回目の燃料噴射量  $Q f b 1$ 、2回目の燃料噴射量  $Q f b 2$  を算出する。

#### 【0037】

$$Q f b 1 = Q f 0 \times T F B Y A 1 \times (1 + K t p 1) \cdots (4)$$

$$Q f b 2 = Q f 0 \times T F B Y A 2 \times (1 + K t p 2) \cdots (5)$$

ただし、 $K t p 1$ 、 $K t p 2$ ：補正係数、

(4)、(5)式の補正係数  $K t p 1$ 、 $K t p 2$  はともに付着燃料の気化度合に応じた補正係数であり、燃料の気化度合は冷却水温  $T_w$  と燃料圧力  $P_f$  に依存するので、これら冷却水温  $T_w$  と燃料圧力  $P_f$  をパラメータとして補正係数のテ

ーブルを作成している。例えば図 5 に示したように冷却水温  $T_w$  が低温になるほど、また燃料圧力  $P_f$  が低くなるほど各燃料噴射量  $Q_{fb1}$ 、 $Q_{fb2}$  が大きくなるようにする。

#### 【0038】

分割噴射において 1 回目の燃料噴射を吸気上死点近傍において行くと、点火までに燃料が気化する時間が十分に存在するために付着燃料の気化が促進され、同じ条件において圧縮行程 1 回噴射を行う場合より燃料の気化度合が高くなる。従って気化しない燃料分の補正燃料値が圧縮行程 1 回噴射の場合より少なくてよく、分割噴射に用いる 2 つの補正係数  $K_{tp1}$ 、 $K_{tp2}$  と圧縮行程 1 回噴射に用いる補正係数  $K_{tp}$  との間には  $K_{tp1} < K_{tp2} = K_{tp}$  なる関係が成立する。このため、分割噴射を行う場合には、同じ条件において圧縮行程 1 回噴射を行うよりもトータルの燃料噴射量は少なくて済む。

#### 【0039】

S13 では、エンジン回転速度  $NE$  と目標トルク  $TT_C$  に応じて分割噴射における 2 回目の燃料噴射時期  $IT_{b2}$  を設定する。

#### 【0040】

この場合、キャビティ 9 の中心部近傍には、キャビティ 9 の中心部上空に第 1 の混合気塊を形成することになる 1 回目の燃料噴射による付着燃料が存在するため、2 回目の燃料噴射時期は、その 2 回目の燃料噴射による燃料噴霧がキャビティの底壁面 9b の径方向外側周辺に到達する範囲内で設定する。

#### 【0041】

分割噴射における 2 回目の燃料噴射は圧縮行程噴射であるため、S7 で設定している燃料噴射時期  $IT_a$  と同一のマップを参照させることにより、簡易的に分割噴射における 2 回目の燃料噴射時期  $IT_{b2}$  を求めることも可能であり、また予め実験等により  $IT_{b2}$  のエンジン回転速度  $NE$  と目標トルク  $TT_C$  に対する特性を求めてマップデータとしてエンジンコントローラ 25 内のメモリに格納しておき、エンジン回転速度  $NE$  と目標トルク  $TT_C$  からそのマップデータを参照することで求めさせるようにすることも可能である。

#### 【0042】

これに対して分割噴射における 1 回目の燃料噴射時期  $ITb1$  は、キャビティの中心部に燃料が付着するタイミングである吸気上死点近傍に設定する。 $ITb1$  の値は実際にはキャビティの中心部に燃料が付着するか否かを予め実験を行って確認した上で設定する。

#### 【0043】

S14、S15ではこのようにして設定した 1 回目の燃料噴射量  $Qfb1$ 、1 回目の燃料噴射時期  $ITb1$ 、2 回目の燃料噴射量  $Qfb2$ 、2 回目の燃料噴射時期  $ITb2$  を用い、吸気上死点近傍において分割噴射における 1 回目の燃料噴射を、圧縮行程において分割噴射における 2 回目の燃料噴射をそれぞれ実行して成層燃焼を実現する。

#### 【0044】

ここで、本実施形態の作用を再び図 6 を参照して説明する。

#### 【0045】

本実施形態（請求項 1 に記載の発明）によれば、燃料圧力  $Pf$  が所定値  $LPf$  より低い場合に、吸気上死点近傍での 1 回目の燃料噴射により、略中空円錐状に噴射された燃料の噴霧がキャビティ 9 内の中心付近に付着し、この付着した燃料は点火までに燃料が気化する時間が十分に存在するためにその気化が促進され、キャビティ 9 の中心部上空付近に第 1 の混合気塊を形成する（図 6（b）、（c）参照）。そのあと圧縮行程での 2 回目の燃料噴射により形成される第 2 の混合気塊は、燃料圧力が低いために混合気が十分に拡散せずドーナツ状となり、そのドーナツ孔の部分には燃料が存在しないかまたは少ないのであるが、このドーナツ孔の部分、吸気上死点近傍での 1 回目の燃料噴射により形成されている前記第 1 の混合気塊が埋める働きをするため、キャビティ 9 の上空に全体として 1 つの均質な混合気塊を形成することが可能となり（図 6（c）、（d）参照）、安定した成層燃焼を行わせることができる。

#### 【0046】

本実施形態（請求項 9 に記載の発明）によれば、燃料圧力  $Pf$  が所定値  $LPf$  より低い場合に分割噴射を行わせるので（図 2 S5、S9～S15 参照）、圧縮行程のみの燃料噴射では噴射した燃料の噴射方向速度が遅く、ドーナツ状の混合



気塊が形成されるしかなく、従って安定した成層燃焼の実現が困難となる低燃料圧力時においても、キャビティ 9 の上空に均質な混合気を形成することが可能となり、例えば燃料ポンプが故障して設定燃料圧力まで上昇しないとき、設定燃料圧力が低い運転領域から高い運転領域へ突入した際に燃料圧力の上昇が追いつかないとき、さらには始動時においても安定して成層燃焼を行わせることができる。

#### 【0047】

燃料圧力  $P_f$  が所定値  $L P_f$  より低い場合において、燃料圧力  $P_f$  が高くなるほど噴射した燃料の噴射方向速度が増し底壁面 9 b に付着した燃料の気化度合が増加するので、燃料圧力  $P_f$  が高いときにも、燃料圧力  $P_f$  が低いときと同じ吸気上死点近傍での燃料噴射量  $Q_{fb1}$  だと無駄に燃料を噴射することになり、未燃 HC の排出量を増加させかねないのであるが、本実施形態（請求項 10 に記載の発明）によれば、燃料圧力  $P_f$  が高くなるほど補正係数  $K_{tp1}$  により吸気上死点近傍での燃料噴射量  $Q_{fb1}$  を減少させるので（図 5 下段参照）、成層燃焼を実現するための燃料を最小限に抑えて無駄な燃料の噴射を防ぐことができると共に、未燃 HC の排出を最小限に抑えることができる。

#### 【0048】

次に、図 7 は本発明の第 2 実施形態のエンジンの概略構成図で、第 1 実施形態の図 1 と置き換わるものである。第 1 実施形態との違いは、図 7 に示したように、キャビティ 9 の構成にある。すなわち、下方周壁面 9 c で囲まれる略円筒状部（下方キャビティ）の径より、上方周壁面 9 d で囲まれる略円筒状部（上方キャビティ）の径を大きくしており、上方キャビティには下方キャビティの下方底壁面 9 e とほぼ平行に位置するリング状の上方底壁面 9 f が形成されている。もちろん下方周壁面 9 c と下方底壁面 9 e とは、また上方周壁面 9 d と上方底壁面 9 f とは滑らかに接続されている。

#### 【0049】

また、エンジンコントローラ 25 では、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  を下回る場合に、燃料噴射弁 11 からの燃料噴射を吸気上死点近傍と圧縮行程との 2 回に分けた分割噴射を行うことにより、成層燃焼を実現する。なお、燃焼室

内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  以上となるときには従来装置と同様に圧縮行程噴射を行うことで、成層燃焼を実現する。

#### 【0050】

この実施形態でも、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  を下回る場合における成層燃焼の実現方法を図 13 を参照して説明すると、同図は上より下に向けて時間的に経過し、最上段の (a) は吸気上死点近傍での燃料噴射時 (1 回目の燃料噴射時) の、第 2 段目の (b) は圧縮行程での燃料噴射時 (2 回目の燃料噴射時) の様子を、また第 3 段目と第 4 段目の (c) と (d) は圧縮行程におけるその後の様子をモデルで示している。

#### 【0051】

燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  より低い場合には、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が下方底壁面 9 e を指向するように吸気上死点近傍 (吸気行程初期) で所定量の燃料を噴射する (図 13 (a) 参照)。燃焼室内温度が低いため、吸気上死点近傍でのピストン位置では、この 1 回目の燃料噴射で噴射された燃料はほぼ液体の状態で下方底壁面 9 e に付着する。付着した燃料は吸気行程から点火までの間に気化し、キャビティ 9 の中心部上空付近に第 1 の混合気塊を形成する (図 13 (b) 参照)。

#### 【0052】

噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が、今度はリング状の上方底壁面 9 f を指向するように圧縮行程において残りの燃料の噴射を行う (図 13 (b) 参照)。つまり、2 回目の燃料噴射時期は、1 回目と同様な噴射角度であっても上方底壁面 9 f に確実に受け止められるような燃料噴射時期に設定している。2 回目に噴射された燃料は、噴射から上方底壁面 9 f に到達するまでにある程度の時間があるため上方底壁面 9 f に付着した燃料の気化が多少進み、キャビティ 9 の中心軸からキャビティ 9 の周壁面方向へと成長する流れが生じ、図 4 (c) と同様、ドーナツ状の第 2 の混合気塊を形成する (図 13 (c) 参照)。

#### 【0053】

そして、残りの圧縮行程の間に 2 回目の燃料噴射より形成されたドーナツ状の第 2 の混合気塊のうちドーナツ孔の部分、先の 1 回目の燃料噴射によりキャビ

ティ中心部に形成されている第1の混合気塊が埋める働きをするため、点火の際にはキャビティ上空に全体として1つの均質な混合気塊が形成され、安定した成層燃焼を実現することができる(図13(d)参照)。

#### 【0054】

つまり、燃焼室内温度 $T_{cc}$ が所定値 $L T_{cc}$ より低い場合において、圧縮行程に1回のみ燃料噴射を行った場合にはドーナツ状の混合気塊しか形成されずに安定した成層燃焼の実現を困難にするのであるが、第2実施形態によれば、圧縮行程噴射に先立って、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が下方底壁面9eを指向するように吸気上死点近傍での1回目の燃料噴射を行うことでキャビティ中心軸付近に第1の混合気塊を形成し、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が、今度は上方底壁面9fを指向するように圧縮行程での2回目の燃料噴射を行うことでドーナツ状の第2の混合気塊を形成し、この場合、第1の混合気塊により第2の混合気塊のドーナツ孔の部分埋めさせ、全体として1つの均質な混合気塊を形成するのであり、これにより安定した成層燃焼を達成することができる。

#### 【0055】

エンジンコントローラ25により行われる燃焼室内温度に基づく燃料噴射制御を図8のフローチャートにより説明する。なお、図2と同一部分には同一のステップ番号をつけている。

#### 【0056】

図2と相違する部分を主に説明すると、これはS21～S26の操作にある。まずS21では燃焼室内温度 $T_{cc}$ を推定する。燃焼室内温度 $T_{cc}$ はエンジン回転速度NEと目標トルクTTCに応じて、図9に示すような傾向を示すため、予め実験等によりこれらの傾向を求めマップデータとしてエンジンコントローラ25内のメモリに格納しておき、エンジン回転速度NEと目標トルクTTCからそのマップデータを参照することで推定することができる。

#### 【0057】

S22では燃焼室内温度 $T_{cc}$ と所定値 $L T_{cc}$ を比較する。燃焼室内温度 $T_{cc}$ と燃焼室内の燃料の気化率との間には例えば図10に示すような関係があり、所定値 $L T_{cc}$ は、圧縮行程のみの1回噴射でキャビティ9の上空中心部に均

質な混合気を形成する（希薄な混合気が存在しない）ことが可能な燃料の気化率に対応する燃焼室内温度のうちの下限値である。 $L T_{cc}$  の実際の値は予め実験により確認する。燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  以上あれば、圧縮行程のみの 1 回噴射でも噴射した燃料の気化が促進され、キャビティ 9 の上空中心部に均質な混合気塊が形成され、これに対して燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  未満であれば圧縮行程のみの 1 回噴射では燃料の気化が不十分となり、キャビティ 9 の上空中心部に均質な混合気を形成することができないことを意味する。このため、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  以上であるときには S 6 ～ S 8 の圧縮行程における 1 回噴射を行う操作に進む。

#### 【0058】

一方、S 2 2 で燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  より小さい場合には、S 9 以降の吸気上死点近傍（吸気行程初期）と圧縮行程の分割噴射を行う操作に進む。

#### 【0059】

S 9、S 10 では第 1 実施形態と同様に、1 回目、2 回目の燃料噴射分の目標当量比  $T F B Y A 1$ 、 $T F B Y A 2$  を設定する。

#### 【0060】

S 2 3、2 4 では分割噴射におけるそれぞれの燃料噴射量  $Q f b 1$ 、 $Q f b 2$  を上記（4）、（5）式により算出する。ただし、ここで用いる燃料の気化度合を調節するための補正係数  $K t p 1$ 、 $K t p 2$  としては（図 8 S 6 で用いる補正係数  $K t p$  についても）、例えば図 1 1 に示すような特性を持たせる。すなわち、冷却水温  $T w$  の代わりに燃焼室内温度  $T_{cc}$  をパラメータとして求めさせる（図 1 1 上段参照）。このように燃焼室内における燃料気化度合と強い相関がある燃焼室内温度  $T_{cc}$  に応じて補正係数  $K t p 1$ 、 $K t p 2$  を求め、この補正係数  $K t p 1$ 、 $K t p 2$  により燃料の気化度合に応じた補正を基本燃料噴射量  $Q f 0$  に対して行うことで、分割噴射における各燃料噴射量  $Q f b 1$ 、 $Q f b 2$  の算出精度を一段と高めることができる。

#### 【0061】

S 2 5 では分割噴射における 1 回目の燃料噴射時期  $I T b 1$  を設定する。1 回

目の燃料噴射時期  $ITb1$  は第 1 実施形態と異なり、燃焼室内温度  $Tcc$  の関数として算出する。例えば図 12 に示したように、 $ITb1$  の初期値を吸気上死点とし、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が下方底壁面 9e を指向する範囲内において燃焼室内温度  $Tcc$  が高くなるほど遅角する特性である。実際には  $ITb1$  は燃焼室内温度  $Tcc$  をパラメータとするテーブルデータとしてエンジンコントローラ 25 内のメモリに格納しておき、燃焼室内温度  $Tcc$  からそのテーブルデータを参照することで求めることができる。

#### 【0062】

S26 ではエンジン回転速度  $NE$  と目標トルク  $TTc$  に応じて分割噴射における 2 回目の燃料噴射時期  $ITb2$  を第 1 実施形態と同様に設定する。ただし、この 2 回目の燃料噴射時期  $ITb2$  は、第 1 実施形態と異なり、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が上方底壁面 9f を指向する範囲内で設定する。

#### 【0063】

S14、S15 ではこのようにして設定した 1 回目の燃料噴射量  $Qfb1$ 、1 回目の燃料噴射時期  $ITb1$ 、2 回目の燃料噴射量  $Qfb2$ 、2 回目の燃料噴射時期  $ITb2$  を用い、吸気上死点近傍において分割噴射における 1 回目の燃料噴射を、圧縮行程において分割噴射における 2 回目の燃料噴射をそれぞれ実行して成層燃焼を実現する。

#### 【0064】

第 2 実施形態（請求項 3 に記載の発明）によれば、燃焼室内温度  $Tcc$  が所定値  $LTcc$  より低い場合において、略中空円錐状に噴射された燃料の噴霧が下方底壁面 9e を指向するように吸気上死点近傍での燃料噴射を行わせるようにしたので、この下方底壁面 9e に付着した燃料により形成される第 1 の混合気塊が下方キャビティ内に留まるために径方向外側への拡散を防ぐことができ、より安定して成層燃焼を行わせることができる。

#### 【0065】

第 2 実施形態（請求項 4 に記載の発明）によれば、燃焼室内温度  $Tcc$ （エンジン温度）が所定値  $LTcc$  より低い場合に分割噴射を行わせるので（図 8 S22、S9、S10、S23、S24、S25、S26、S14、S15）、圧縮

行程のみの燃料噴射では噴射した燃料の気化が促進されずドーナツ状の混合気塊が形成されるしかなく、従って安定した成層燃焼の実現が困難となる低温時においても、キャビティ 9 の上空に 1 つの均質な混合気を形成することが可能となり、エンジンの暖機完了後の運転中に燃焼室内温度  $T_{cc}$  が低くなった際にも安定して成層燃焼を行わせることができる。

#### 【0066】

燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L_{T_{cc}}$  より低い場合において、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が高くなるほど上方底壁面 9 f に付着した燃料が気化するまでの時間が短くなり、気化燃料の拡散が進むので、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が高いときにも、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が低いときと同じ吸気上死点近傍での燃料噴射時期  $I_{Tb1}$  だと、適切な混合気塊のままどめておくことができなくなるのであるが、第 2 実施形態（請求項 5 に記載の発明）によれば、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が高くなるほど吸気上死点近傍での燃料噴射時期  $I_{Tb1}$  を遅角させるようにしているので（図 12 参照）、吸気上死点近傍で噴射した燃料が気化するまでの時間に応じて適切な混合気塊のままキャビティ 9 の上空にとどめておくことが可能となり、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が高いときにも安定した成層燃焼を得ることができる。

#### 【0067】

燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L_{T_{cc}}$  より低い場合において、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が高くなるほど下方底壁面 9 e に付着した燃料の気化度合が増加するので、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が高いときにも、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が低いときと同じ燃料噴射量  $Q_{fb1}$  だと無駄に燃料を噴射することになり、未燃 HC の排出量を増加させかねないのであるが、第 2 実施形態（請求項 6 に記載の発明）によれば、燃焼室内温度  $T_{cc}$  が高くなるほど補正係数  $K_{tp1}$  により吸気上死点近傍での燃料噴射量  $Q_{fb1}$  を減少させるので（図 11 上段参照）、成層燃焼を実現するための燃料を最小限に抑えて無駄な燃料の噴射を防ぐことができると共に、未燃 HC の排出を最小限に抑えることができる。

#### 【0068】

エンジン温度の中でも燃焼室内温度は、燃焼室内における燃料の気化度合と強い相関があり、第 2 実施形態（請求項 7 に記載の発明）によれば、燃焼室内温度

$T_{cc}$ を推定し、この温度 $T_{cc}$ が所定値 $L_{T_{cc}}$ より低い場合に分割噴射を行わせるので、分割噴射を行わせるか否かの判定精度が向上する。

#### 【0069】

燃焼室内温度 $T_{cc}$ が所定値 $L_{T_{cc}}$ より低い場合において、燃焼室内温度 $T_{cc}$ が高くなるほど下方底壁面9eに付着した燃料が気化するまでの時間が短くなり、気化燃料の拡散が進むからといって、吸気上死点近傍での燃料噴射時期 $IT_{b1}$ を遅角させ過ぎると、略中空円錐状に噴射される燃料の噴霧が下方底壁面9eを指向することができず、キャビティ9の中心に第1の混合気塊を形成できなくなるのであるが、第2実施形態（請求項8に記載の発明）によれば、吸気上死点近傍での燃料噴射時期 $IT_{b1}$ の遅角を、略中空円錐状に噴射される燃料の噴霧が下方底壁面9eを指向する範囲内で行わせるので（図12参照）、下方底壁面9eに付着した燃料より形成される第1の混合気塊を常に下方キャビティ9内に留めて径方向外側への拡散を防ぐことができ、燃焼室内温度 $T_{cc}$ が高いときにも安定した成層燃焼を得ることができる。

#### 【0070】

次に、図14のフローチャートは第3実施形態の燃焼室内温度に基づく始動時の燃料噴射制御を行うためのものである。なお、第2実施形態の図8と同一部分には同一のステップ番号を付している。

#### 【0071】

S31ではイグニッションキースイッチがオフ位置からオン位置に切換えられ、スタータ起動位置まで回されるとスタータが起動し、エンジンがクランキングを開始する。S32ではエンジンの回転によって入力されるクランク角センサ33からの信号を用いて気筒判別を行い、S33において吸入空気量 $Q_M$ 、エンジン回転速度 $N_E$ 、燃料圧力 $P_f$ 、冷却水温 $T_w$ 、始動時水温 $T_{ws}$ 、初爆からの各気筒のサイクル数 $N_{cyl}$ を読み込む。初爆からの各気筒のサイクル数 $N_{cyl}$ は燃料噴射弁11の噴射回数や点火プラグ12の点火回数等から判断可能である。

#### 【0072】

S34では冷却水温 $T_w$ とエンジン回転速度 $N_E$ に応じて目標トルク $T_{TC}$ を

算出し、S3でこの目標トルク $TTC$ とエンジン回転速度 $NE$ から目標当量比 $TBYA$ を求める。

【0073】

S35では基本燃料噴射量 $Qf0$ を算出する。基本燃料噴射量 $Qf0$ は基本的には図2S4と同一の方法で算出すればよいのであるが、始動後数サイクルの間はエアフロメータ32の突入電流により吸入空気量 $QM$ を検出できないため、始動後数サイクルの間だけは図2S4と同一の方法により基本燃料噴射量 $Qf0$ を算出できない。このため、予め実験等により基本燃料噴射量 $Qf0$ の冷却水温 $Tw$ とエンジン回転速度 $NE$ に対する特性を求めてマップデータとしてエンジンコントローラ25内のメモリに格納しておき、始動後数サイクルの間は冷却水温 $Tw$ とエンジン回転速度 $NE$ からそのマップデータを参照することで求める。

【0074】

S36では燃焼室内温度 $Tcc$ を推定する。燃焼室内温度 $Tcc$ は始動時水温 $Tw_s$ と初爆からの各気筒のサイクル数 $Ncy1$ に応じて図15に示すような傾向を示すため、予め実験等によりこれらの傾向を求めてマップデータとしてエンジンコントローラ25内のメモリに格納しておき、始動時水温 $Tw_s$ と初爆からの各気筒のサイクル数 $Ncy1$ とからそのマップデータを参照することで推定する。

【0075】

S37、S38では燃焼室内温度 $Tcc$ と所定値 $LTcc$ を、また燃料圧力 $Pf$ と所定値 $LPf$ を比較する。所定値 $LTcc$ は図8S22で用いる所定値 $LTcc$ と、また所定値 $LPf$ は図2S5で用いる所定値 $LPf$ と同じである。燃焼室内温度 $Tcc$ が所定値 $LTcc$ より小さい場合と、燃焼室内温度 $Tcc$ は所定値 $LTcc$ 以上であっても燃料圧力 $Pf$ が所定値 $LPf$ より小さい場合にS9、S10、S23、S24、S25、S26、S14、S15の操作、つまり吸気上死点近傍（吸気行程初期）と圧縮行程の分割噴射を行って成層燃焼を実現する。

【0076】

燃焼室内温度 $Tcc$ が所定値 $LTcc$ 以上でありかつ燃料圧力 $Pf$ が所定値 $L$



P f 以上になると、図 14 に示す始動時の燃料噴射制御を終了し、以降は図 2、図 8 に示した始動後の燃料噴射制御に移行する。

#### 【0077】

冷間始動時に燃焼室内温度  $T_{cc}$  が所定値  $L T_{cc}$  より低い場合においても、圧縮行程に 1 回のみ燃料噴射を行った場合にはドーナツ状の混合気塊しか形成されずに安定した成層燃焼の実現を困難にするのであるが、第 3 実施形態によれば、圧縮行程噴射に先立って、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が下方底壁面 9 e を指向するように吸気上死点近傍での 1 回目の燃料噴射を行うことでキャビティ 9 の中心軸付近に第 1 の混合気塊を形成し、噴射された略中空円錐状の燃料噴霧が、今度は上方底壁面 9 f を指向するように圧縮行程での 2 回目の燃料噴射を行うことでドーナツ状の第 2 の混合気塊を形成し、この場合、第 1 の混合気塊によりドーナツ状の第 2 の混合気塊のドーナツ孔の部分を埋めさせ、キャビティ 9 の上空に全体として 1 つの均質な混合気塊を形成するのであり、これにより冷機始動時から暖機完了までの間において燃焼室内温度  $T_{cc}$  が低い場合においても安定した成層燃焼を実現することができる。

#### 【0078】

第 2、第 3 の実施形態では、燃焼室内温度  $T_{cc}$  を推定し、その温度  $T_{cc}$  を①分割噴射を行うか否かの判定、②分割噴射における燃料噴射量  $Q_{fb1}$ 、 $Q_{fb2}$  の設定、③分割噴射における 1 回目の燃料噴射時期  $I T_{b1}$  の設定に用いる場合で説明したが、ピストン冠面温度も燃焼室内温度と同様な手法により推定することが可能であるため、燃焼室内温度の代えてピストン冠面温度を用いることができる。また、ピストン冠面温度は付着燃料の気化度合により変化し、燃焼室内温度は燃料噴射弁からの噴射燃料の気化度合により変化することが考えられ、これらの特性を考慮して燃料の気化度合を推定することにより、より高精度に本発明の燃料噴射制御を行うことが可能である。

#### 【0079】

第 3 実施形態は図 7 に示す構成のエンジンに適用する場合で説明したが、図 1 に示す構成のエンジンに対しても適用可能である。

#### 【0080】

なお、本発明は図 1、図 7 に示した構成のエンジンに対してのみ適用可能であるというのではなく、特開平 11-82028 号公報に記載されている構成のエンジンにも適用可能であり、同様の効果が得られる。

#### 【0081】

また、本実施形態において燃料噴射弁の位置を燃焼室上部の略中心としたが、これに限定するものでなく、燃焼室上部の周囲に配置することも可能である。

#### 【0082】

請求項 1 に記載の噴射実行手段の機能は、図 2 の S9～S15 により、また図 8 及び図 14 の S9、S10、S23、S24、S25、S26、S14、S15 により果たされている。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態のエンジンの概略構成図。

【図 2】 第 1 実施形態の燃料圧力に基づく燃料噴射制御を説明するためのフローチャート。

【図 3】 圧縮行程 1 回噴射時の燃料の気化度合に応じた補正係数の特性図。

【図 4】 分割噴射における 2 つの目標当量比とトータルの目標当量比の関係を示す特性図。

【図 5】 分割噴射時の燃料の気化度合に応じた補正係数の特性図。

【図 6】 第 1 実施形態の燃焼室内の燃料及び混合気形成の挙動を示すモデル図。

【図 7】 第 2 実施形態のエンジンの概略構成図。

【図 8】 第 2 実施形態の燃焼室内温度に基づく燃料噴射制御を説明するためのフローチャート。

【図 9】 燃焼室内温度の特性図。

【図 10】 燃料気化率と燃焼室内温度との関係を示す特性図。

【図 11】 第 2 実施形態の分割噴射時の燃料の気化度合に応じた補正係数の特性図。

【図 12】 分割噴射における 1 回目の燃料噴射時期の特性図。

【図 13】 第 2 実施形態の燃焼室内の燃料及び混合気形成の挙動を示すモデル図。

ル図。

【図 1 4】 第 3 実施形態の燃焼室内温度に基づく始動時の燃料噴射制御を説明するためのフローチャート。

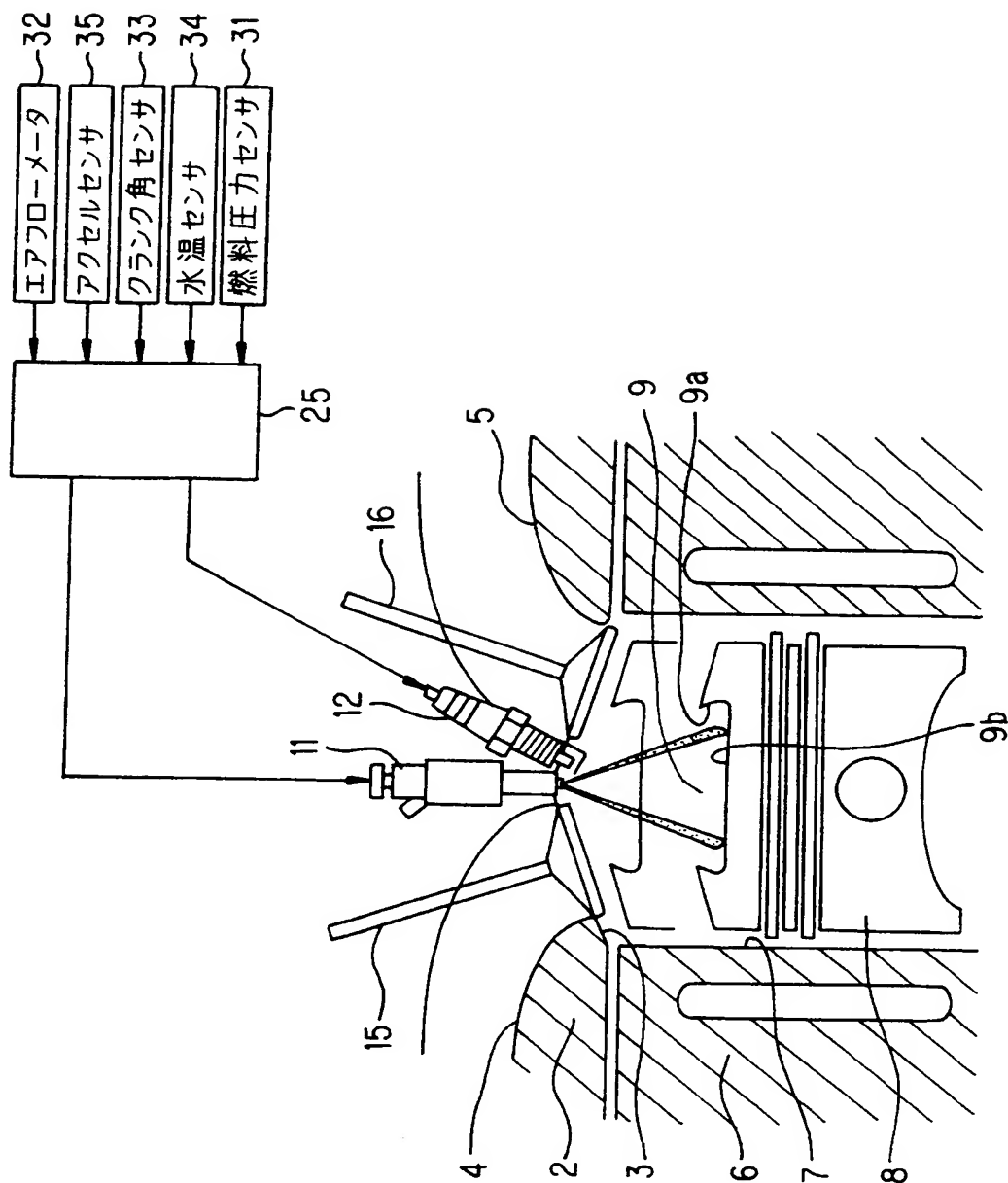
【図 1 5】 始動直後の燃焼室内温度の特性図。

【符号の説明】

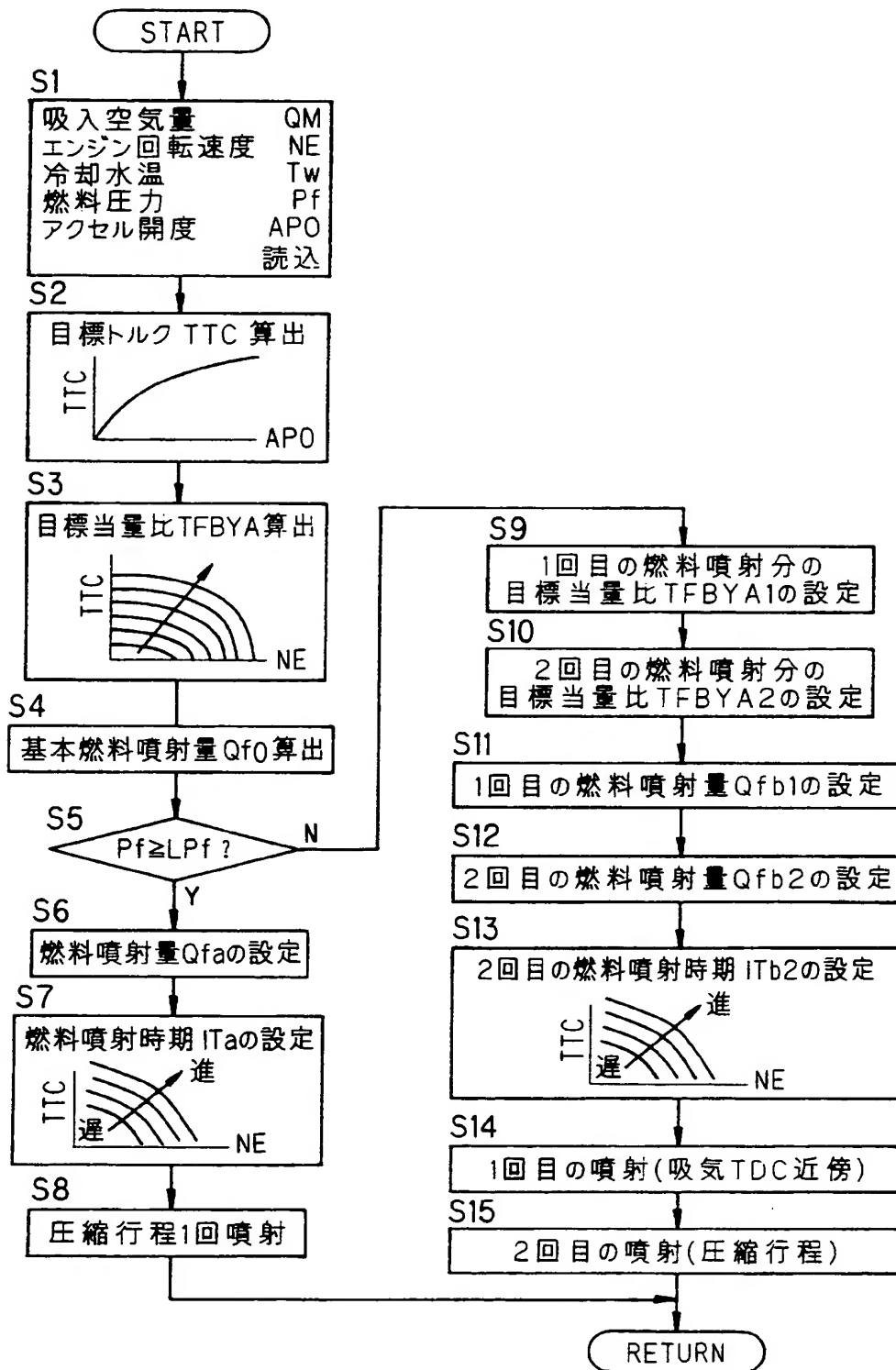
- 3 燃焼室
- 8 ピストン
- 9 キャビティ
  - 9 a 周壁面
  - 9 b 底壁面
  - 9 c 下方周壁面
  - 9 d 上方周壁面
  - 9 e 下方底壁面
  - 9 f 上方底壁面
- 1 1 燃料噴射弁
- 1 2 点火プラグ
- 2 5 エンジンコントローラ

【書類名】 図面

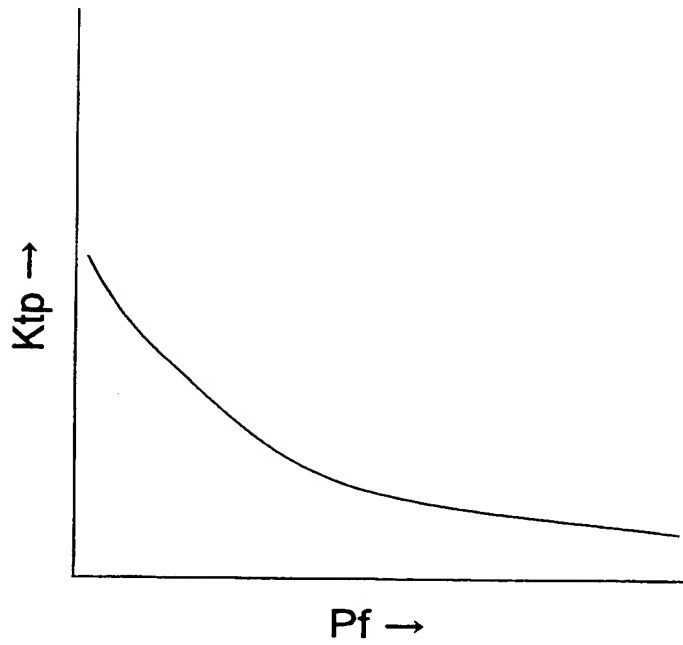
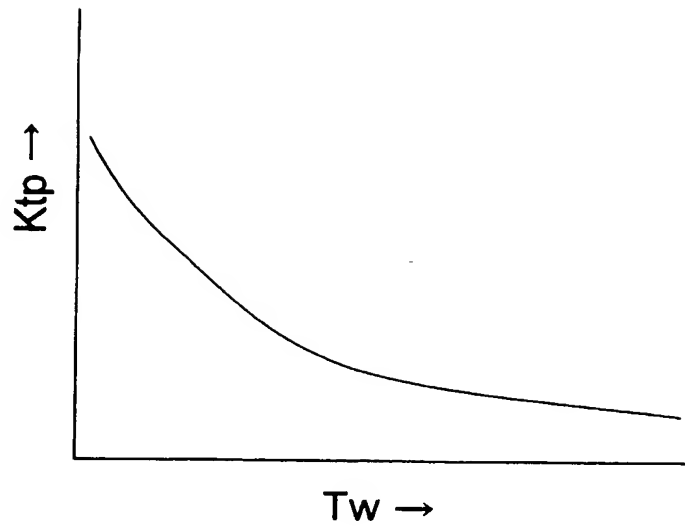
【図 1】



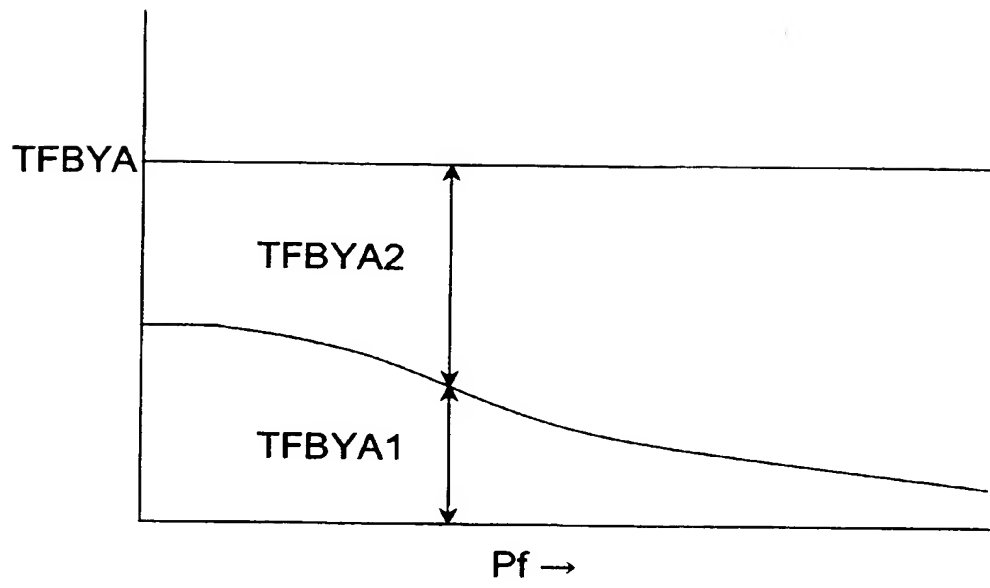
【図2】



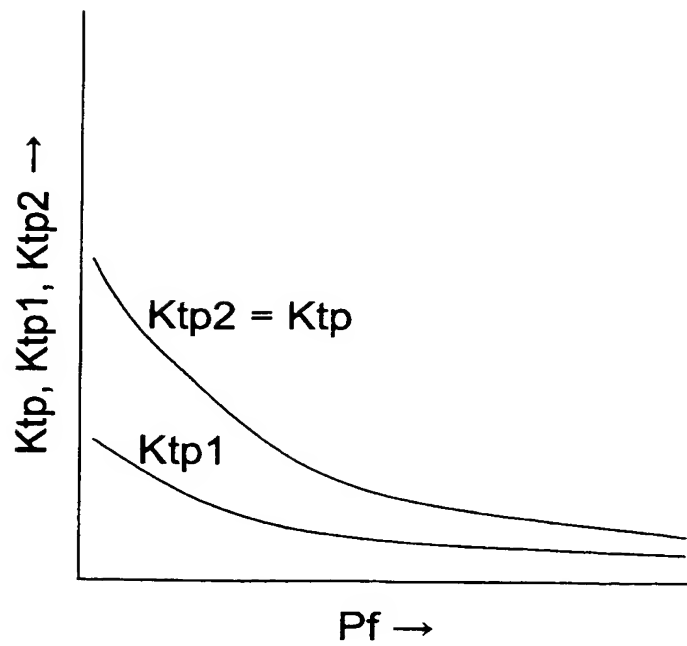
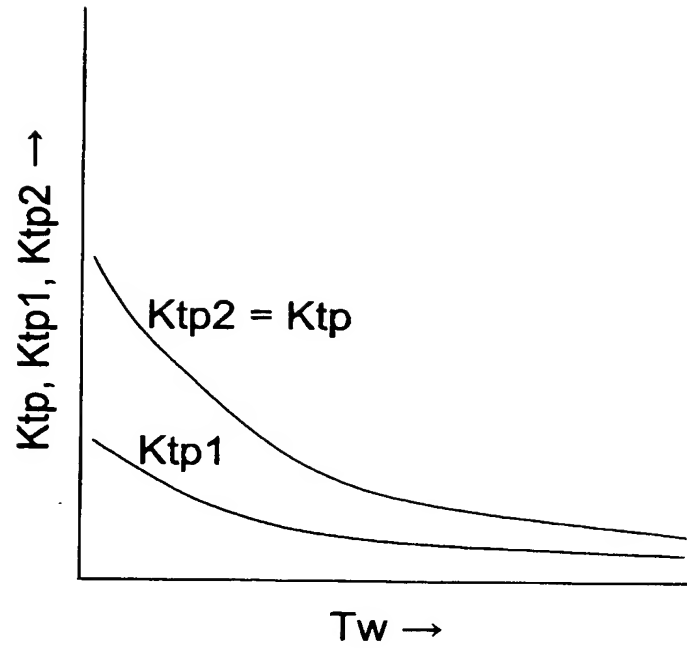
【図 3】



【図 4】

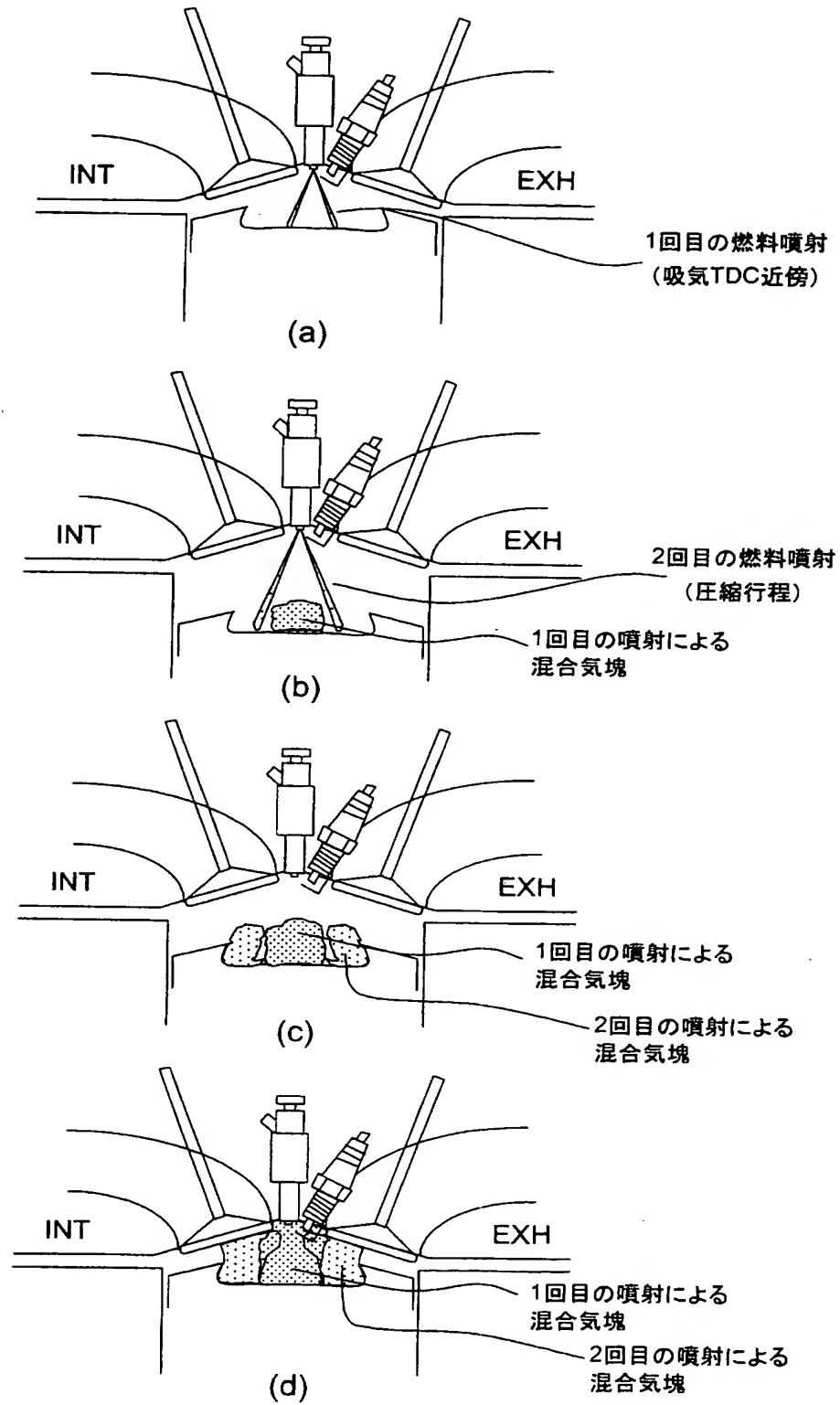


【図5】

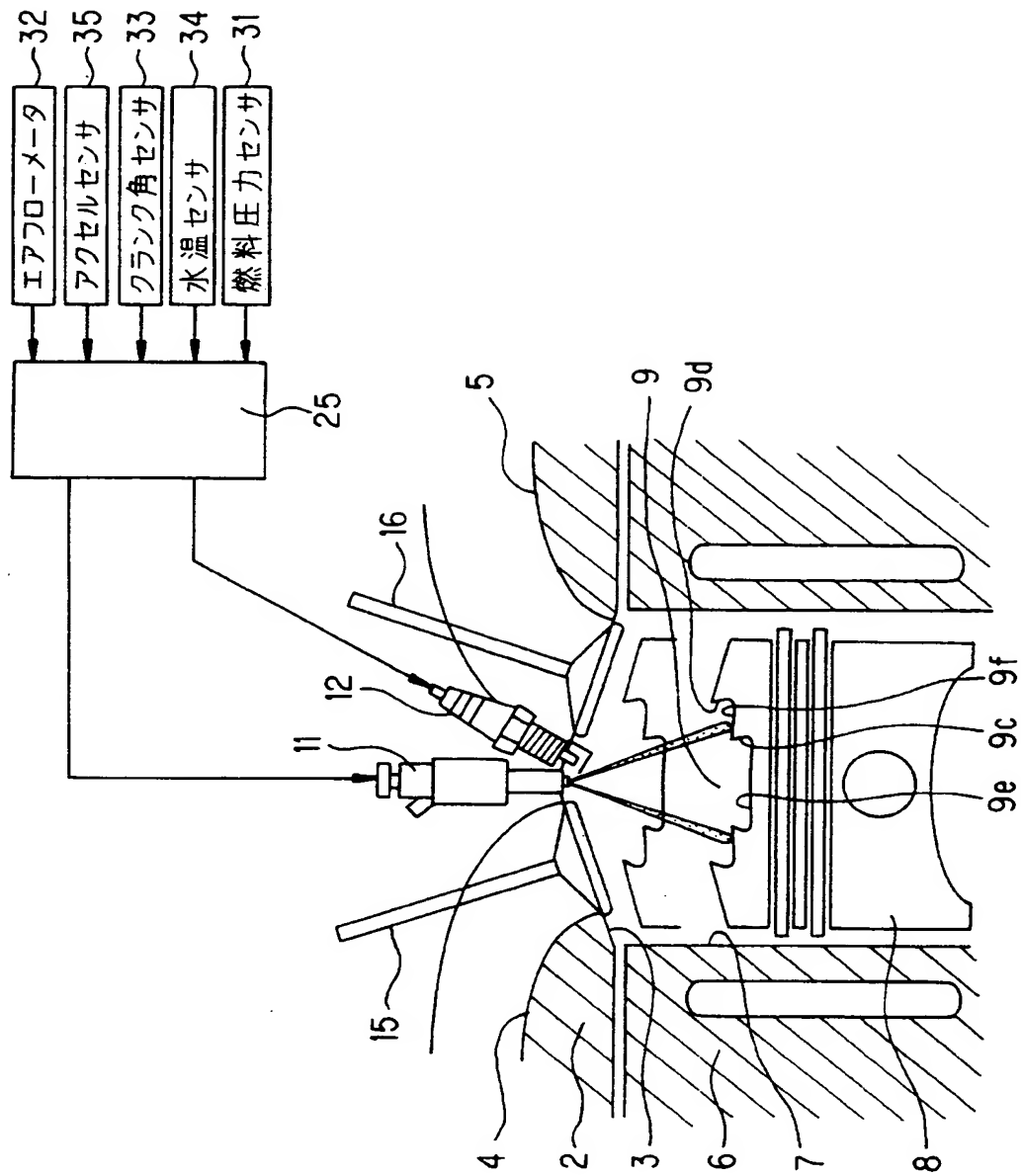




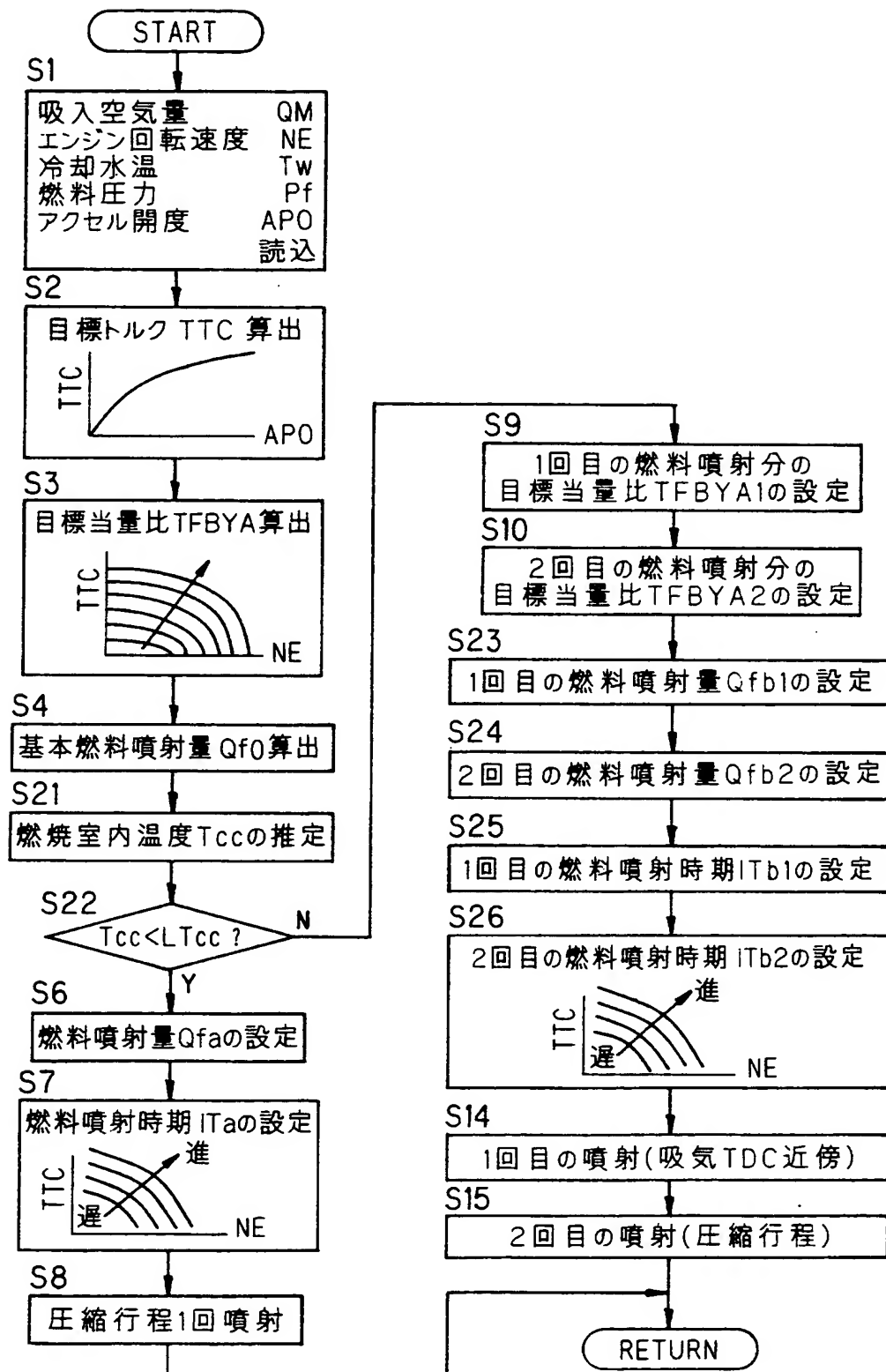
【図 6】



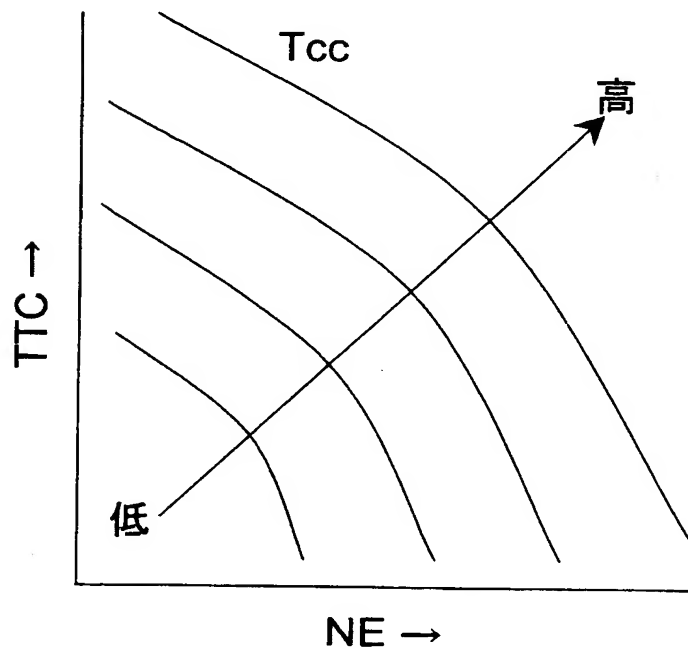
【図 7】



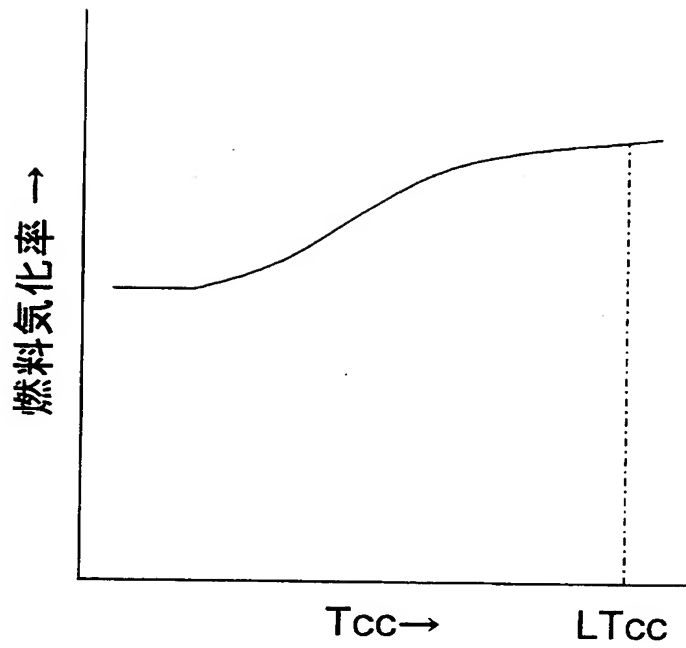
【図 8】



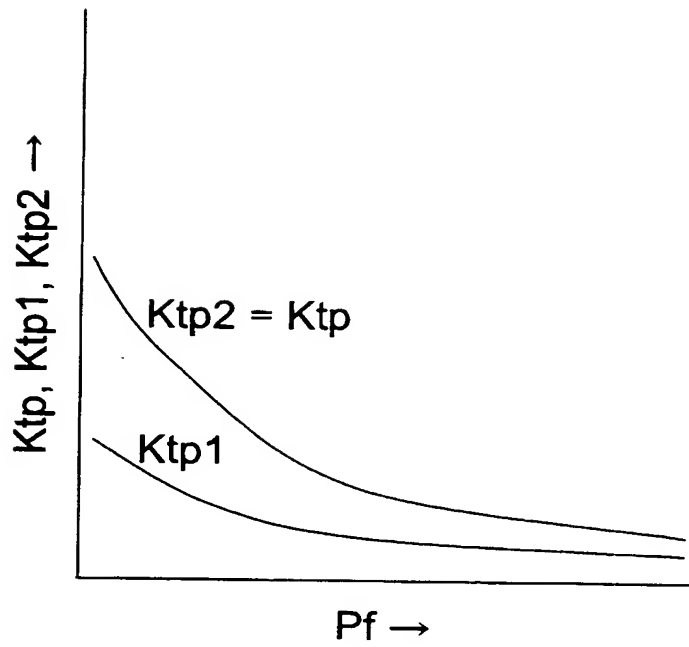
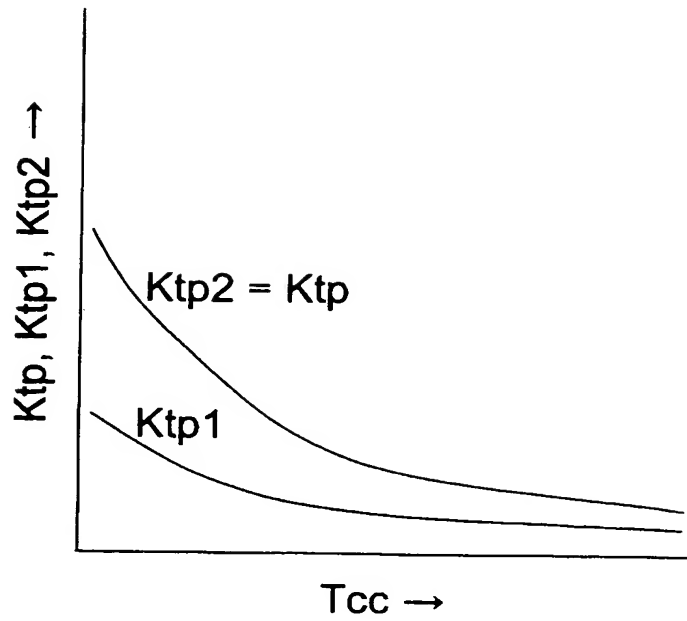
【図9】



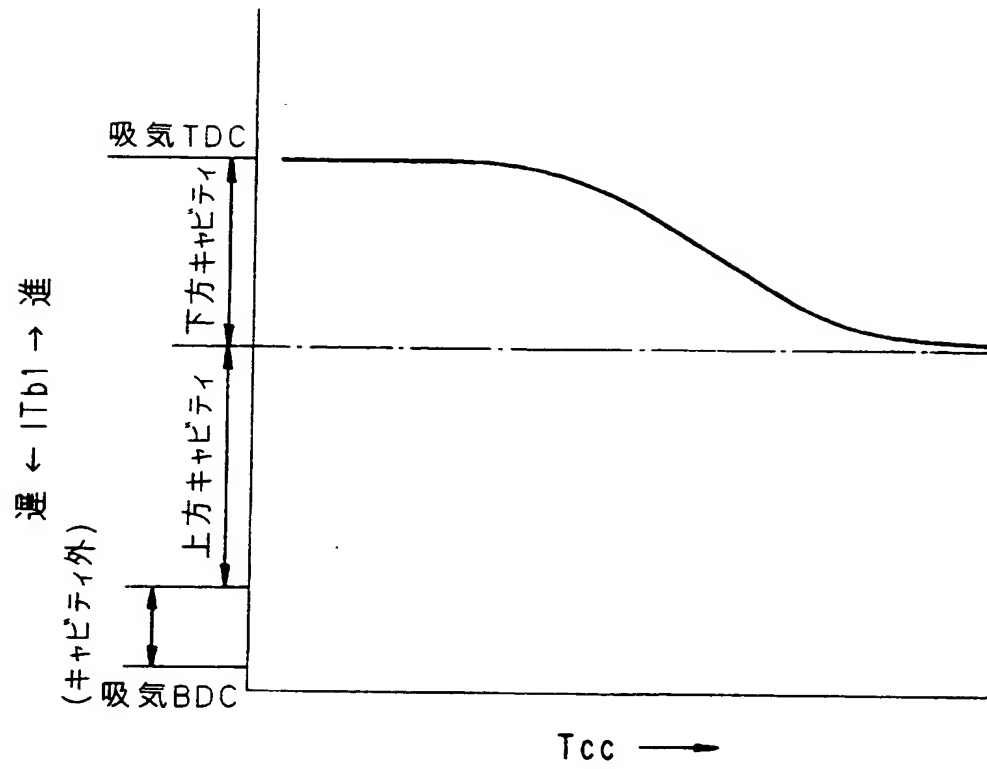
【図 10】



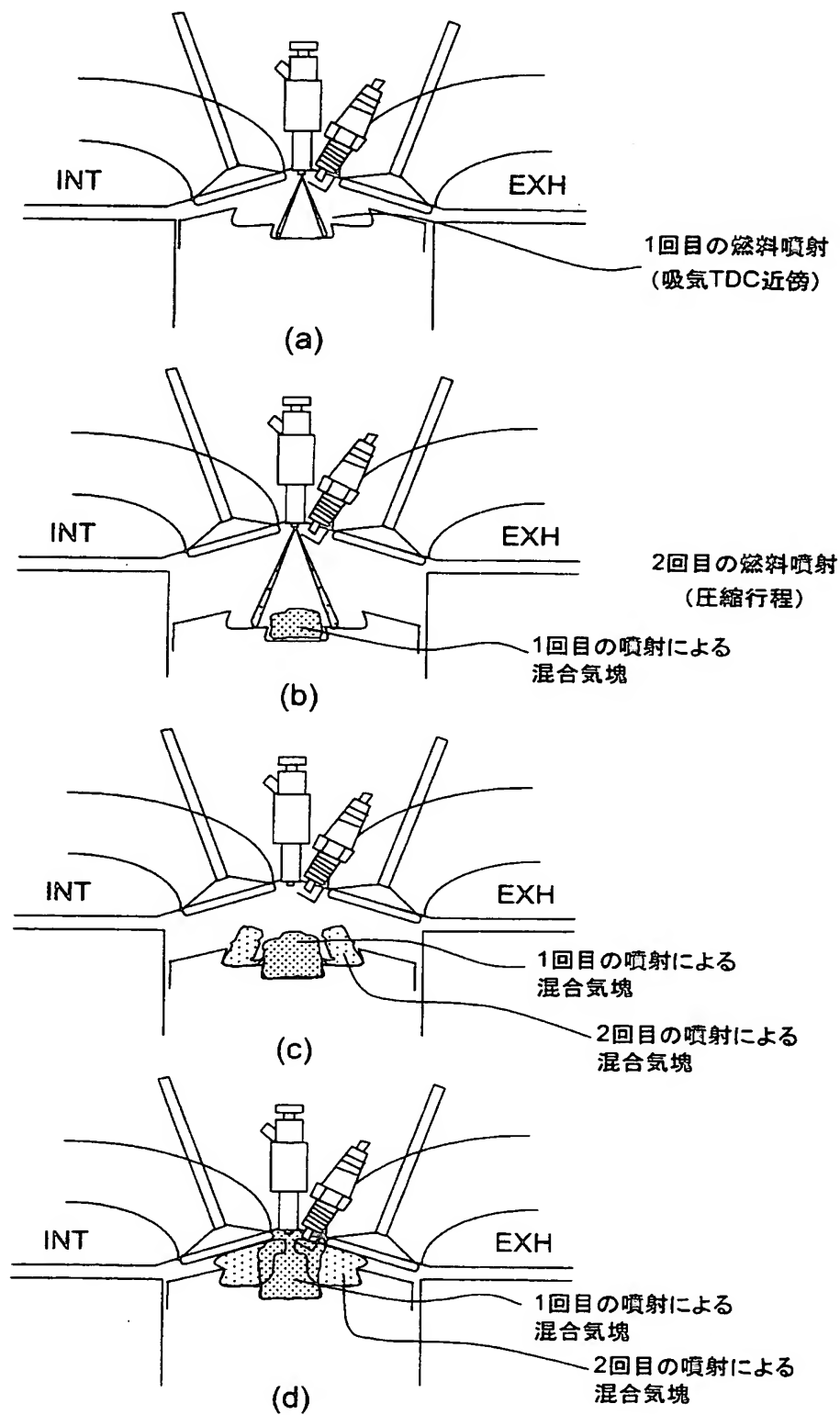
【図 11】



【図 12】

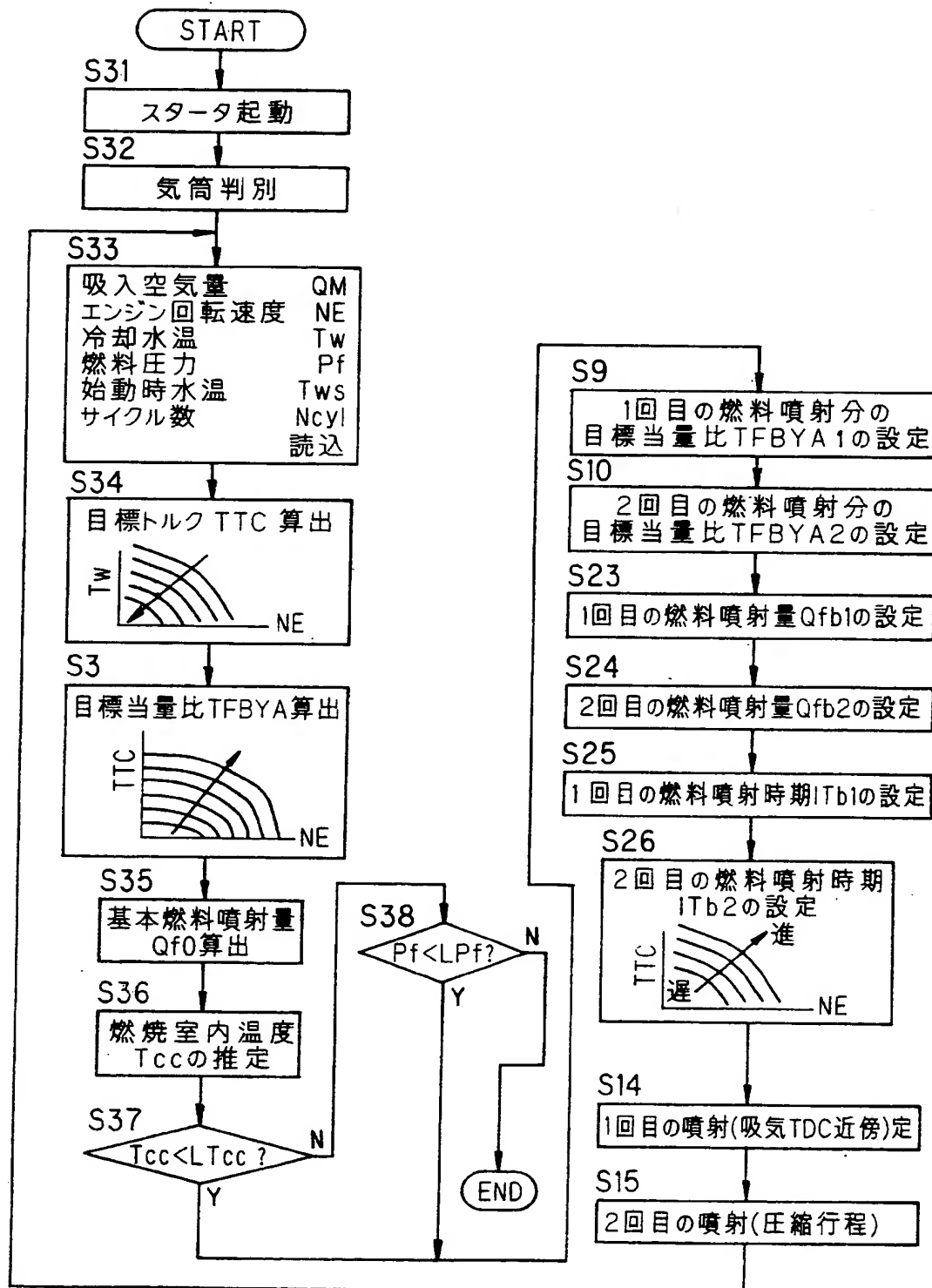


【図 13】

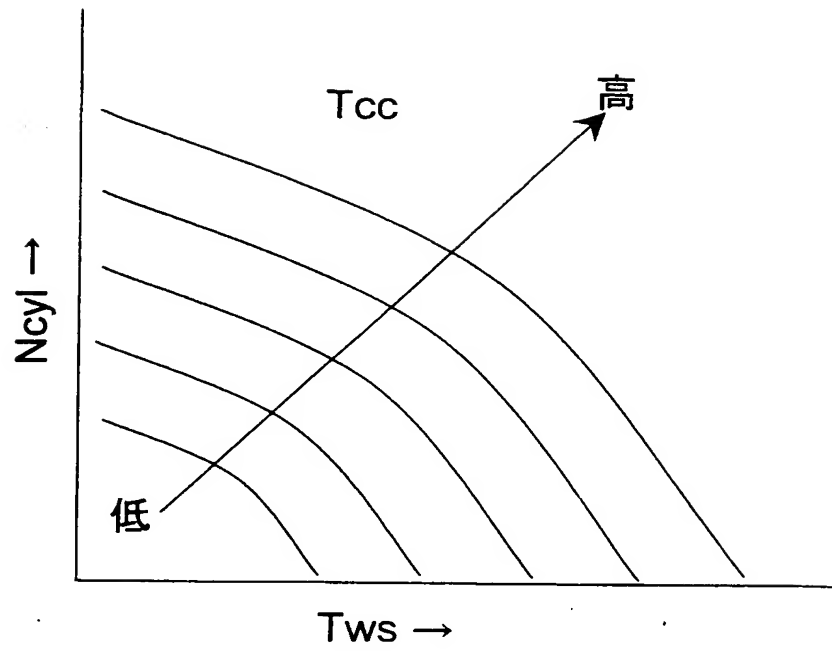




【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エンジン温度が所定値より低い場合や燃料圧力が所定値より低い場合においても、安定した成層燃焼を実現する。

【解決手段】 ピストン（８）と、燃焼室に直接に燃料を噴射する燃料噴射弁（１１）と、点火プラグ（１２）とを備える筒内直接噴射式火花点火エンジンにおいて、ピストン（８）の冠面に、略円筒状の周壁面（９ａ）とこの周壁面（９ａ）に滑らかに接続される底壁面（９ｂ）とを有するキャビティ（９）を形成し、点火プラグ（１２）を底壁面（９ｂ）の中央真上近傍に配置し、燃料噴射弁（１１）より燃焼室の上部より略中空円錐状に燃料を噴射させると共に、燃料噴射弁（１１）からの燃料噴射を吸気上死点近傍と圧縮行程との２回に分けた分割噴射を行わせる噴射実行手段（２５）を備える。

【選択図】 図１

特願 2 0 0 3 - 1 2 6 3 4 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 9 9 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地
氏 名	日産自動車株式会社